

\~15~

PAT-NO: JP403041146A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03041146 A
TITLE: RESIN COMPOSITION
PUBN-DATE: February 21, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SOGA, TASAQ
SAWAHATA, MAMORU
SUZUKI, TAKAYA
NAMETAKE, MASATAKE
NAKANO, FUMIO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP01325234

APPL-DATE: December 15, 1989

INT-CL (IPC): C08L063/00, C08G059/40 , C08K003/34 , H01L023/29 ,
H01L023/31

US-CL-CURRENT: 438/694, 438/FOR.385

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a semiconductor device with a specified constitution excellent in hot fatigue resistance by pouring a specified resin composition into the gap of the device and curing the composition.

CONSTITUTION: In a semiconductor device composed of an electrode terminal 4 of a semiconductor chip 3 and an electrode terminal 2 formed on a substrate 1 in a position opposing the terminal 4 and connected to the terminal 4

through a conductor 5, a resin composition comprising a thermosetting resin, desirably an epoxy resin, 30-55vol.% first powder comprising an inorganic material having a coefficient of thermal expansion lower than that of this resin and desirably comprising at least one member selected from among quartz, SiC, Si₃N₄, CaCO₃ and SiC mixed with beryllium oxide, and 1-20 pts.wt. second powder comprising a rubber-like elastomer, desirably a polybutadiene rubber and/or a silicone rubber, is poured into the gap 6 surrounding the conductor 5 and intervening between the substrate 1 and the semiconductor chip 3 and cured.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A)

平3-41146

⑤Int. Cl.⁵C 08 L 63/00
C 08 G 59/40

識別記号

N J Q
N J E

庁内整理番号

8416-4 J
8416-4 J
6412-5 F

⑬公開 平成3年(1991)2月21日

H 01 L 23/30

R ※

審査請求 有 発明の数 1 (全19頁)

⑭発明の名称 樹脂組成物

⑰特 願 平1-325234

⑱出 願 昭58(1983)9月16日

⑲特 願 昭58-171992の分割

⑳発 明 者 曾 我 太 佐 男 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

㉑発 明 者 沢 畠 守 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

㉒発 明 者 鈴木 誉 也 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

㉓出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉔代 理 人 弁理士 鶴沼 辰之
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

樹脂組成物

2. 特許請求の範囲

1. 液状エポキシ樹脂100重量部、液状ポリブタジエン系ゴム1〜20重量部、ジシアングリアミド0〜10重量部、カップリング材0〜2重量部、イミダゾール0.5〜5重量部からなる樹脂と、全体として20〜65体積%を占める石英粉とからなることを特徴とする樹脂組成物。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明、半導体チップの電極端子をCCB法(Controlled Collapse Bonding法)により基板上の電極端子に接合した後、樹脂により被覆してなる構造の半導体装置に関する。

〔従来の技術〕

このような構造の半導体装置が適用された具体的な一例として、第1図に示す要部断面構造図のように、液晶表示素子の形成されたガラス基板上

に、その液晶表示素子を駆動する半導体チップを載置して一体形成したものが知られている。即ち、ガラス基板1の上面に形成された電極端子2と、シリコン半導体からなる半導体チップ(以下、Siチップと称する)3の下面に形成された電極端子4とを対向配置し、これらの電極端子2、4間をCCB法により形成されるはんだバンプ5によって接合し、次にシリコンゲル等の如き柔軟性を有する樹脂6を、ガラス基板1とSiチップ3の空隙部に充填し、さらに、Siチップ3の上及び側面を炭酸カルシウムを混入したビスフェニール型の低膨張エポキシ系樹脂7により被覆した構造となっている。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところが、上述構造の半導体装置について、-40℃⇄100℃の温度条件で温度サイクル試験を行ったところ、被覆のないもの(以下、裸チップと称する)よりも耐熱疲労性がかなり劣るという結果が得られた。そこで、その原因を実験等により検討した結果、(1)樹脂材料、(2)樹

脂被覆構造、及び(3)はんだパンプ構造の3点について、次に述べるような欠点があることが判った。

即ち、炭酸カルシウム粉をエポキシ樹脂に混入すると、膨張係数を大きく下げることができるが、Siチップやガラス基板に比較するとまだ大であること、しかも炭酸カルシウムの混入率を増すと樹脂の硬度が増大することから、必ずしも耐熱疲労性は向上しない。

また、低膨張エポキシ樹脂を用いた樹脂被覆の形状、及びはんだパンプの形状に関する応力分布、特に応力集中及びはんだパンプの柔軟性は、耐熱疲労性に大きく影響する。

本発明の目的は、耐熱疲労性を向上させることができる被覆樹脂の材料、被覆の形状、及びはんだパンプの形状を有してなる半導体装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は、被覆樹脂はエポキシ樹脂を主材料とし、これにエポキシ樹脂よりも小さい熱膨張係数

しい。

そこで、エポキシ樹脂に炭酸カルシウムや石英粉等の如き、熱膨張係数の小さな無機材料（以下、低膨張強化材と称する）を混入して低膨張強化するようにしている。例えば、体積にして50%の石英粉を混入すると、熱膨張係数 α_R は約 25×10^{-6} /℃に低下する。しかし、混入率を高くするにしたがって樹脂の粘度が高くなり、流動性が低下する。流動性が低下すると、被覆工程においては、はんだパンプ周囲の空隙部に樹脂が侵入しにくくなって、空隙部が残ったり、基板との密着性が低したり、被覆の作業性が低下するという問題が生ずる。この結果、逆に耐熱疲労性及び耐湿性が低下してしまうことがある。また、混入率を高くすると樹脂の柔軟性が低下して、基板との接着部に応力が集中するため、この応力によりガラス等の基板が破損されてしまうことがある。

したがって、単に低膨張強化材を混入して低膨張化するだけでは、耐熱疲労性の向上に一定の限度があるため、さらにその流動性及び柔軟性を改善

を有する無機材料からなる第1の粉粒体、及びゴム状弾性材料からなる第2の粉粒体を少なくとも混入したものとし、

また、前記被覆樹脂は半導体チップの周囲とその上面を被い、且つ前記半導体チップ周辺の基板上面に形成する樹脂被覆の幅は、その幅方向の半導体チップ幅の1倍以上1.5倍以下とし、

さらに、はんだパンプの形状は円柱型またはつづみ型に形成することによって、耐熱疲労性を向上させようとするものである。

〔実施例〕

以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

まず、本発明の被覆樹脂材料について説明する。エポキシ樹脂の熱膨張係数 α_{RO} は約 100×10^{-6} /℃であり、半導体チップ、例えばSiチップの熱膨張係数 α_{SI} ; 3×10^{-6} /℃や、基板、例えばガラス基板のソーダガラスの熱膨張係数 α_G ; 9.33×10^{-6} /℃に比べて大きい。一般に、耐熱疲労性を向上させるには、熱膨張係数が半導体チップや基板のそれに近い被覆樹脂を適用することが望ま

する必要がある。

そこで、本発明は低膨張強化材に加えて粒状の弾性材料、例えばポリブタジエンやシリコン等のゴム粒子を分散混入し、これによって柔軟性及び流動性を向上させようとするものである。つまり、被覆樹脂内のゴム粒子は応力緩衝材として作用するので柔軟性が向上して応力集中や歪が緩和されることから、これによって耐熱疲労性を向上させようとするものである。また、粒状のゴム粒子の作用によって流動性を向上させようとするものである。しかし、後述するように、ゴム粒子の混入率にも最適な範囲がある。例えば、粒径 $1 \mu m$ レベルのポリブタジエン(CTBN 1300×9)からなるゴム粒子を混入した場合、エポキシ樹脂に対するゴム粒子の重量比を100対20以上（以下、重量部または単に部と称し、例えば20部以上と表現する）にすると、ゴム粒子の分散が不均一になってしまうとともに、ポリブタジエンの熱膨張係数 α_{PB} は約 80×10^{-6} /℃と大きいので、混入後の被覆樹脂の熱膨張係数 α_R が大と

なってしまう、耐熱疲労性を低下させる原因となるのである。また、流動性向上の効果にあっても、飽和現象があるので大幅向上は期待できない。

これらのことを、実施例を用いて行った実験結果に基づいて説明する。第1表に、エポキシ樹脂(E P-828)を主材料とし、粒径約 $1\mu\text{m}$ の石英粉を低膨張強化材とし、粒径約 $1\mu\text{m}$ のポリブタジエンの均一なゴム粒子を緩衝材とし、それらの混入率の異なる種々の樹脂により被覆した半導体装置を試料として、前述と同一の温度サイクル試験を行った判定結果を示す。なお、基板、半導体チップ及びはんだパンプは第1図図示と同一構成のものとし、判定は、樹脂被覆を施さない裸チップのものに比較して、早いサイクルにて故障に至った試料を不合格として×印で示し、合格したものについては故障率を基準に、優れている順に○、△印で示した。故障率の一例として、第2図(A)に石英粉の混入率を35体積%に固定し、ポリブタジエングム粒子の混入率を変化させた場合を、第2図(B)にポリブタジエングム粒子の

混入率を10部に固定し、石英粉の混入率を変化させた場合を、それぞれ示す。なお、第2図(A)、(B)図中実線で示したものは、1サイクル/1時間の温度サイクル試験を900サイクル行った例であり、図中点線で示したものは同様に500サイクルの例である。

また、被覆樹脂には硬化温度を低くするための添加剤、例えば硬化促進剤としてイソダゾル(2P4MHZ)を5重量%、硬化剤としてジシアンアミドを10重量%、シランカップリング剤(A-187)を2重量%等を混入し、硬化温度130℃、硬化温度1時間として基板の熱的影響を避けるようにした。

第1表

		ポリブタジエン混入率(重量部)							
		0	1	5	10	15	20	25	
石英粉混入率 (体積%)	0	x	x	x	x	x	x	x	
	20	x	x	x	Δ	Δ	x	x	
	30	x	x	Δ	Δ	Δ	x	x	
	35	x	Δ	○	○	Δ	x	x	
	40	x	Δ	○	○	Δ	Δ	x	
	50	x	Δ	○	○	Δ	Δ	x	
	55	x	Δ	○	○	Δ	Δ	x	
	60	x	x	Δ	Δ	x	x	x	

第1表に示す判定結果から、低膨張強化剤と緩衝剤の混入効果について考察する。まず、ポリブタジエンの混入率が0部、即ち石英粉のみを混入した試料は、全て裸チップのものより悪い判定結果となっているが、樹脂被覆された試料相互間で定量的に比較すると、石英粉の混入率を高めるにしたがい熱疲労寿命が増大されるということを実験で確認している。但し、石英粉の混入により流動性が低下して、Siチップ3下側とはんだパンプ5の周囲への浸透が悪くなるので、この点からみて、石英粉の混入率は60体積%が限界である。

一方、ポリブタジエンは若干混入するだけで、第2図(A)に示すように、急激に故障率が低下されており、緩衝材及び流動化材としての効果が顕著に表れ、耐熱疲労性において裸チップよりも優れた特性が得られた。但し、ポリブタジエン混入率を高くすると、前述したように、その分散が不均一となり、耐熱疲労性が低下する。

これらのこと及び第1表から、石英粉の混入率は30~55体積%、ポリブタジエングム粒子の

混入率は1~20部の範囲に選定することにより、裸チップよりも優れた耐熱疲労性のものとしてとることができる。例えば、石英粉50体積%、ポリブタジエン5部を混入したものの耐熱疲労性(寿命)は、裸チップの3倍以上であり、信頼性が大幅に向上された。

なお、低膨張強化材としては石英の他、炭酸カルシウム、炭化シリコン、窒化シリコン、または酸化ベリリウム混入の炭化シリコン等の如き、いわゆる熱膨張係数の小さな無機材料が適用可能であり、同一の効果が得られる。この低膨張強化材の粒径にあっても、上記実施例の $1\mu\text{m}$ に限られるものではない。

また、弾性材としてはポリブタジエングム粒子の他、シリコンゴム粒子等の如き、いわゆる弾性の大きなゴム粒子が適用可能であり、その粒径にあっても、 $1\mu\text{m}$ に限られるものではない。

次に、樹脂被覆の形状について説明する。

前述したように、石英粉等の低膨張強化材を混入しても、エポキシ樹脂の熱膨張係数 α_R はソーダ

ガラスや半導体チップに比べてまだ大きな値である。そして、それらの部材間の熱膨張量の差により生ずる応力によって半導体チップ、はんだパンプ、ガラス基板、又はそれら部材の接続部が破損されるのである。実験によると、はんだパンプと半導体チップとの接続部が、繰返し応力に対して最も弱いことが判った。

そこで、その接続部に発生する応力を低減することができる樹脂被覆の形状、即ち、半導体チップ上面の被覆厚みと、半導体チップ周辺部の被覆幅について、有限要素法により求めた。

即ち、半導体チップ上面の被覆厚み t mmとしたとき、はんだパンプと半導体チップの接続部にかかる最大応力(破損に関係する引張応力)を求め、第3図(A)に裸チップにおける最大引張応力に対する比率として示した。なお、第3図(B)、(C)に示すように、ガラス基板1、半導体チップ3は6 mm角のSiチップ、はんだチップ5は球欠体形状のものとし、樹脂被覆7は全体幅 L を15 mm角一定としたものをモデルとし、図示矢印

半導体チップ3の幅を $2a$ 、半導体チップ端縁から被覆外縁までの寸法、即ち半導体チップ周辺領域に形成される被覆の幅を g とした。

第4図(A)に示すように、 g/a が増すにつれて最大引張応力が現象する傾向にある。このことは、周辺域の被覆幅 g が広くなると、被覆幅 g の中心(図示B、B')より内側の被覆が温度上昇時に内側方向に伸び、これによって半導体チップ3に対して圧縮方向に応力が作用すると考えられる。なお、このことは計算によって確認している。

したがって、 g/a を大にすれば最大引張応力を減少することができる。即ち、被覆樹脂の熱膨張係数が大であっても、被覆形状を適切なものとするにより、裸チップのものより耐熱疲労性を向上させることができる。しかし、 $g/a \geq 3.0$ 以上にしても、最大引張応力の低減効果が小さくなる反面、ガラス基板1と樹脂被覆7との接合部のガラス破損が起こりやすくなること、及び樹脂被覆14全体の面積的制限を考慮すると、 g/a は2~3が望ましい範囲である。因に、最

9の方向の最大応力を求めたものである。矢印9の位置における応力は、温度が室温(20℃)から100℃に変化したときは引張応力となり、室温(20℃)から-40℃に変化したときは圧縮応力になる。また、樹脂はエポキシ樹脂に石英粉のみを混入した流動性の劣るものとし、基板1とチップ3のとの間に空隙8が生じたものをモデルとした。

第3図(A)から明らかなように、被覆厚み t が増すにつれて、半導体チップ3とはんだパンプ5の接続部にかかる最大引張応力が大きくなることから、被覆厚み t は薄いほどよいということになるが、機械的保護及び耐湿性保持から許容最小厚みが制限され、 t は 1 ± 0.5 mmの範囲で選定することが望ましい。

一方、第4図(A)に半導体チップの周辺に形成される樹脂被覆の幅と、前記接続部にかかる最大応力との関係を示す。なお、モデルは第4図(B)、(C)に示すように第3図(B)、(C)と同様のものであり、被覆厚み t を1.5 mm一定、半

導体チップ3の幅を $2a$ 、半導体チップ端縁から被覆外縁までの寸法、即ち半導体チップ周辺領域に形成される被覆の幅を g とした。

次に、はんだパンプの形状について説明する。

上述した被覆樹脂材料及び被覆形状についての実施例では、はんだパンプの形状が球欠体の場合として説明したが、樹脂の変形に追従できるはんだパンプ形状、又ははんだパンプにかかる応力を低減できる形状にすれば、耐熱疲労性は飛躍的に向上される筈である。

そこで、はんだパンプの形状を第5図(A)~(D)に示す形状に形成し、熱疲労寿命と機械的強度とを実験的に求めた。なお、第5図(A)~(D)に示すはんだパンプは全て同一体積とし、CCB法において半導体チップと基板との間隙寸法を変えることによって、はんだパンプの高さ及び中央部の径 b を変えた。

第6図は上述のように形成されたはんだパンプを有する裸チップに対し、縦横の強制歪を与えたとき、熱疲労寿命及び機械的強度がどのようになるかを示した線図である。同図において、横軸に

はんだパンプの中央の径 b と端子径 c の比 b/c をとり、縦軸に第5図(D)に示す球欠体型の熱疲労寿命を1とし、これに対する各形状の熱疲労寿命を比で示すとともに、同様に圧縮強度又は引張強度からなる機械的強度の比で示した。

第6図図示曲線(I)に示すように、熱疲労寿命特性は、 b/c が大になるほど、即ち球欠体形状になるほど急激に悪くなることが判る。このことは、はんだパンプ内の応力分布がその形状によって大きく異なっているためである。即ち、第5図(A)、(B)に示した $b/c < 1$ のいわゆるつづみ型のはんだパンプにかかる応力を有限要素法により求めたところ、第7図(A)に示す分布となることが判った。同図において、矢印は各区画領域における応力の方向とその大きさを表しており、応力はほぼ一様に分布していることが判る。これに対し、第5図(D)に示した $b/c > 1$ の球欠体型のはんだパンプの場合は、第7図(B)に示す応力分布となり、両端の接合界面部に応力が集中し、この部分から熱疲労破断が発生する。

パンプ10はつづみ型のものとし、低膨強化エポキシ樹脂からなる樹脂被覆11を施した場合、はんだパンプ10に作用する変形応力は、同図(B)の矢印12、13に示す縦・横方向に作用する。

第8図(A)、(B)図示のものにおいて、ガラス基板1の熱膨張係数を α_s 、Siチップ3の熱膨張係数を α_{si} 、樹脂被覆11の熱膨張係数を α_R 、横方向最大変形量を ΔL_x 、縦方向最大変形量を ΔL_y 、Siチップ3の1辺を $2a$ 、はんだパンプ10の高さを h 、せん断歪を γ 、軸方向歪を ϵ 、温度変化量を ΔT 、定数を k_1 、 k_2 、 A 、合計歪を E 、熱疲労寿命を N_f とすると、次式(1)～(5)が成立する。

$$\Delta L_x = a (\alpha_s - \alpha_{si}) \Delta T \quad \dots (1)$$

$$\Delta L_y = h \alpha_R \Delta T \quad \dots (2)$$

$$\gamma = k_1 \frac{\Delta L_x}{h} \quad \dots (3)$$

$$\epsilon = k_2 \frac{\Delta L_y}{h} \quad \dots (4)$$

$$N_f = A \cdot \frac{1}{E^2} = A \frac{1}{\gamma^2 + \epsilon^2} \quad \dots (5)$$

これらの式から、はんだパンプの高さ h が大であれば、樹脂被覆の熱膨張によって生ずる ΔL_x 、

また、はんだパンプの高さが大になるつづみ型のものにあっては、一定量の変形に対して歪は相対的に小さくなることから、熱疲労寿命が向上されるのである。しかし、 b/c をさらに小さくした極端なつづみ型にすると、応力が中央部に集中するようになるのと、第6図図中曲線(II)で示す機械的強度が低下するので、はんだパンプが破断してしまうことから、熱疲労寿命の増大がおさえられてしまう。

従って、はんだパンプの形状は少なくとも $b/c = 1$ の円柱型とし、好ましくは $0.5 \leq b/c < 1$ の範囲のつづみ型とするのがよい。

ところで、上述は裸チップのものであるが、樹脂被覆を施したものの場合は、樹脂の熱膨張係数が大であることから、はんだパンプの形状としては大きな変形量に対して追従できるものが望ましい。この点についても、つづみ型は高さが高いため、前述したように、一定変形量に対し相対的に歪が小さくなるので望ましいことになる。例えば、第8図(A)に示すように、はんだパンプ

ΔL_y に対し、歪 γ 、 ϵ は小さくなる。

したがって、つづみ型のはんだパンプとすることにより、はんだパンプ高さ h が大であることから歪が小さくなり、しかも応力集中が緩和されることから、はんだパンプと半導体チップとの接合部の破損が低減されて、耐熱疲労性が著しく向上するという効果がある。

なお、はんだの熱膨張係数は約 25×10^{-6} 程度であり、低膨強化エポキシ樹脂と同等であることから、はんだパンプ自体が樹脂被覆によって拘束されることは少ない。

以上、本発明の被覆樹脂材料、被覆形状、及びはんだパンプ形状をそれぞれ個別に適用した実施例について説明したが、それらの実施例を組み合わせることによって、一層耐熱疲労特性に優れたものとすることができることは言うまでもない。

なお、半導体チップの半導体素子が形成されている面は、はんだパンプが接合されている面であるが、一般にこの面には SiO_2 又はポリイミドなどの薄膜により保護されている。しかし、はん

だパンプが接合される部分はそれらの薄膜が形成されていないため、耐湿性の問題について考察する。一般に知られているDIP (Dual Inline Package) 型の樹脂モールド半導体装置にあっては、リードフレームのタブ上にSiチップが接続され、素子側の端子はアルミニウム (Al) 線を超音波ボンディング法により接続し、その全体を樹脂モールドした構造となっている。ところが、リード線と樹脂の界面を伝わって水分が侵入し、さらにAl線にまで伝わってAl線を腐食したり、Al線と素子の接合界面を腐食させて断線等の故障が発生していた。

しかし、本発明に係るCCB法により形成された構造の樹脂被覆されたものによれば、樹脂被覆部分に上記DIPのリードの如き引出し線が無いこと、半導体チップ周囲の被覆幅が大きいのでガラス基板と樹脂の界面から水分は侵入しにくいこと、及びはんだ (Pb-5%Sn, Pb-60%Sn) はAl線に比べて耐食性に優れていることなどから、総じて耐湿性に優れていると言うこと

6の基板を兼ねているものの例である。

本製法は、ソーダガラス等のガラス基板1は急激に加熱すると割れる恐れがあり、また液晶の表示素子16等に対する熱影響を軽減するため、半導体チップ3を予熱した後、ガラス基板1を透過させて赤外線をはんだパンプ5に一定時間照射して溶融させ、そして半導体チップ3とガラス基板1の間隔を引き伸して、はんだパンプ5の形状を所望形状に形成しようとするにある。

第10図に示すように、予め蒸着法等により電極端子面にはんだが盛られた半導体チップ3を、その電極端子面を上側にして予熱板21上に載置する。その半導体チップ3の上にガラス基板1を対向する電極端子の位置を合わせて載置する。液晶の許容温度は最大130℃であることから、予熱板21とは熱的に遮へいするようにしている。はんだの組成は耐熱疲労性に優れたPb-5%Sn (融点約310℃) とし、電極端子上のはんだに予めロジン系フラックスを塗布した。

接合工程を第11図に示したはんだパンプ5の

ができる。

さらに、厳しく耐湿性を要求される場合には、第9図に示すように、柔軟なシリコンゲル14を半導体チップ3の下に充填する2液被覆法が有効である。シリコンゲル14は柔軟なことからはんだパンプ5表面、ガラス基板1表面及び半導体チップ3表面との馴染みが良く、水分の侵入を阻止することができる。しかし、シリコンゲル14の熱膨張係数は約 $100 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ と大きいので、はんだパンプ5の表面を薄く被覆する程度が望ましい。また、樹脂被覆11とガラス基板1との界面に防湿効果を有するアクリル樹脂膜15を予め薄くコーティングしておく、と、ガラス割れを防止することができる。

次に、第10図に示した一実施例装置により、はんだパンプ形状を所望のつづみ型に形成する方法について説明する。

第10図に示す装置は、ガラス基板1に半導体チップ3をCCB法により接合する装置である。また、ガラス基板1は液晶表示装置の表示素子1

実測温度の時間変化曲線を参照しながら説明する。

まず、予熱ヒータ22により半導体チップ3側から接合部全体を100℃程度に予熱する。しかる後、赤外線ランプ23によりはんだパンプ5部に赤外線を照射する。次に、はんだが溶融すると同時にチップ吸引装置24を駆動して、基板1と半導体チップ3の間隔を所定間隔25に引伸ばす。これと同時に、赤外線ランプ23、予熱ヒータ22を切り、冷却管26に冷却水を通して冷却し、はんだパンプを凝固させるようにする。なお、はんだの溶融時間は約15秒であり、その間にチップ吸引装置24が作動して初期間隔27から所定間隔25に引伸ばされる。この引伸ばしに要する時間は約1秒程度である。また、はんだパンプ5の形状は、予熱板21の突起高さ28を調整することにより変えることができる。

なお、はんだ組成は、上記のものに代えて、Pb-60%Sn (融点191℃) を用いてもよく、その場合低融点でCCB接合可能であることから、熱影響を避けたい基板等の場合には好適で

ある。

また、アルミナ基板等のように赤外線を透過しないものには適用することはできず、周知の方法（特開昭50-131647号公報）の如く、半導体チップ側から加熱溶融させるようにしなければならない。

上述の製法は、上面に電極膜の形成されたガラス基板に、半導体チップをCCB接合してなる構造のものに適用した実施例であるが、以下に述べる構造を有する半導体装置にも適用可能であり、同様の効果を得ることができる。

第12図に示す実施例は、スルーホールピン型の低膨張多層プリント基板31に適用したものであり、同図(A)は断面構造図、(B)は半導体チップ3の下面図、(C)は多層プリント基板31の下面図である。図に示すように、電極端子数の多い半導体チップ（例えば超LSIにあっては端子数が200個以上にも達する）の場合、ワイヤボンディング方式で基板の端子と接続することは困難である。したがって、CCB法による接

合構造が好適であり、上記製法を適用することによって、耐熱疲労性に優れた信頼性の高いものとすることができる。

なお、多層プリント基板31としては、ガラスもしくはセラミック材料からなる単一基板、又はガラス繊維含有エポキシ、ガラス繊維含有ポリイミドもしくは高弾性率高強力繊維を含有するエポキシ又はポリイミド多層基板等が知られている。なお、高弾性率高強力繊維の具体例としては、ケブラー（米国デュポン社製）が知られている。また、多層セラミック基板等にも適用可能なことは言うまでもない。

第13図は、第12図図示実施例のものに放熱フィン33をはんだ34により取付けたものである。半導体チップ3の上面にCr-Cu-Auをメタライズし、はんだ34ははんだバンプ5よりも一段低融点のはんだを用いる。例えば、はんだバンプ5がPb-5%Snであれば、はんだ34はPb-60%Sn、Sn-3.5%Ag（融点約220℃）、Au-20%Sn（融点280℃）

等を用いる。また、半導体チップ3の発熱量によって、要求される放熱特性が緩やかな場合には、第14図に示すように、放熱フィン33を樹脂接着とすれば、被覆樹脂により一度で接合させることができ、製作工程が簡単化される。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、耐衝撃、耐振動等に優れている樹脂被覆型の効果に加えて、耐熱疲労性が向上されるという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

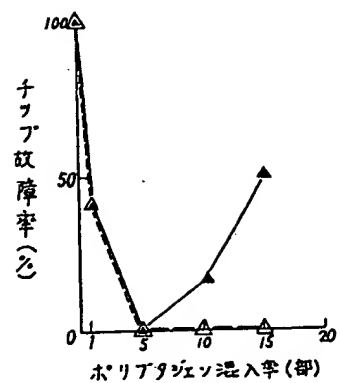
第1図は従来例の断面構造図、第2図(A)、(B)はそれぞれ本発明の一実施例の故障率を示す線図、第3図(A)は被覆厚と応力との関係の一例を示す線図であり、同図(B)、(C)はその説明図、第4図(A)は半導体チップ幅に対する被覆幅と応力との関係の一例を示す線図であり、同図(B)、(C)はその説明図、第5図(A)～(D)ははんだバンプの形状図、第6図ははんだバンプ形状と熱疲労寿命及び機械的強度との関係を示す線図、第7図(A)、(B)ははんだバ

ンプの応力分布図、第8図(A)は本発明の一実施例の断面構造図、同図(B)は説明図、第9図は本発明の他の実施例の断面構造図、第10図は本発明法の適用されたCCB接合法による装置の構成図、第11図は第10図図示実施例の動作説明のためのはんだバンプ温度を示す線図、第12図(A)～(C)、第13図及び第14図は本発明の他の実施例の構造図である。

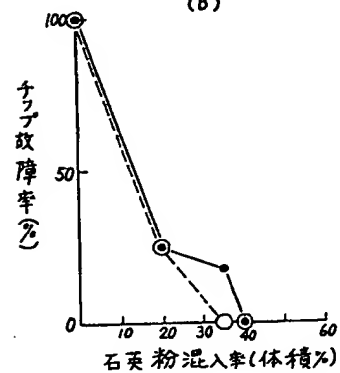
1…ガラス基板、2…電極端子、3…半導体チップ、5…はんだバンプ、7、11…被覆樹脂、10…はんだバンプ、15…アクリル樹脂膜、31…多層プリント基板。

代理人 鶴 沼 辰 之

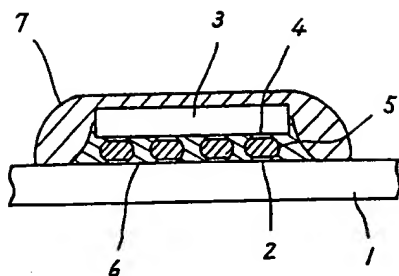
第 2 図
(A)



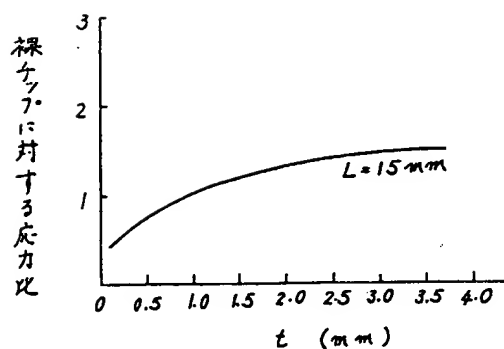
(B)



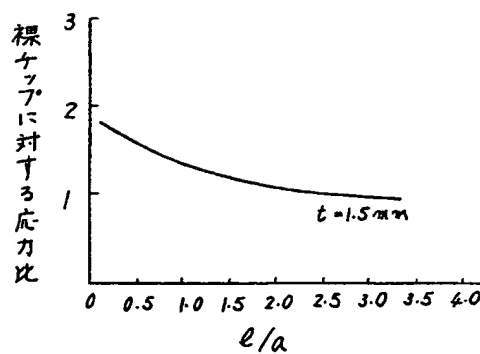
第 1 図



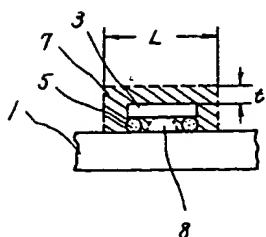
第 3 図
(A)



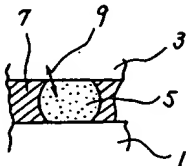
第 4 図
(A)



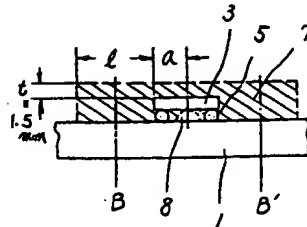
(B)



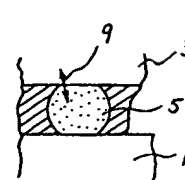
(C)



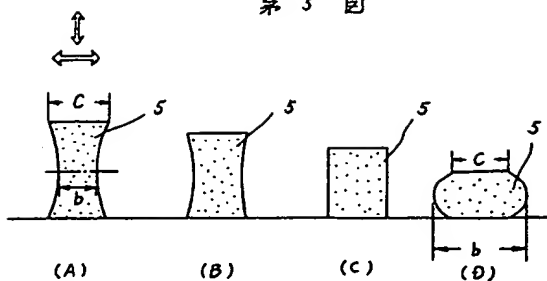
(B)



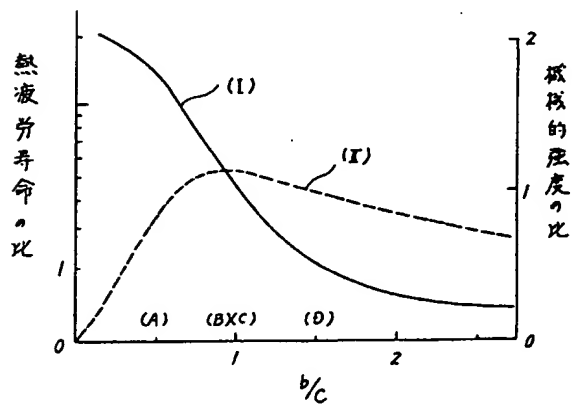
(C)



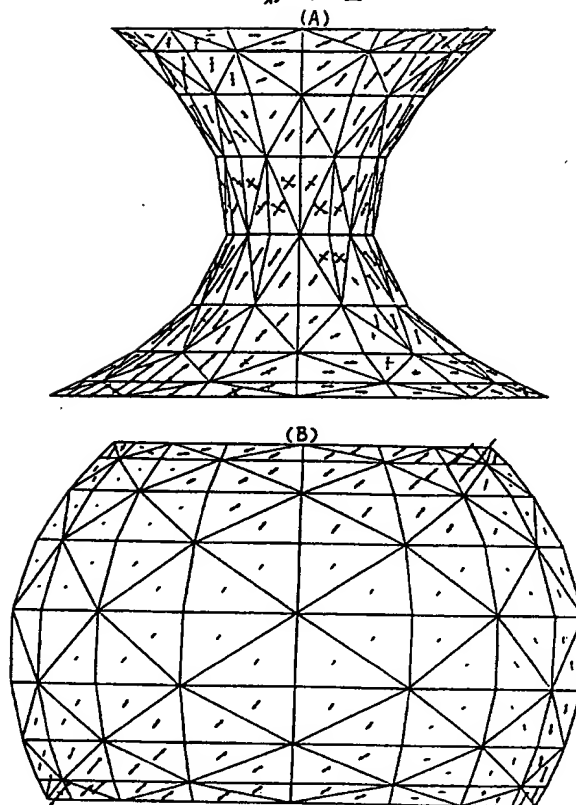
第5図



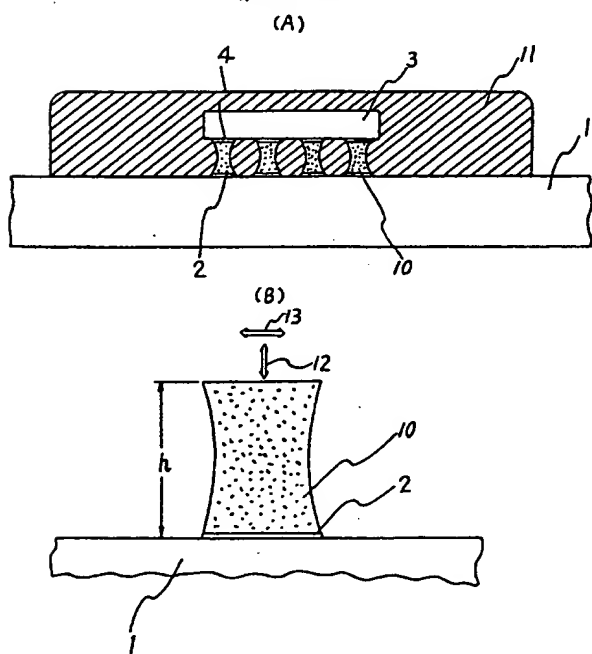
第6図



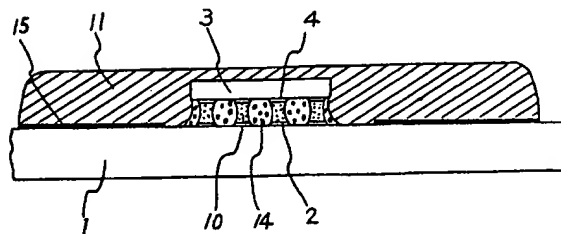
第7図



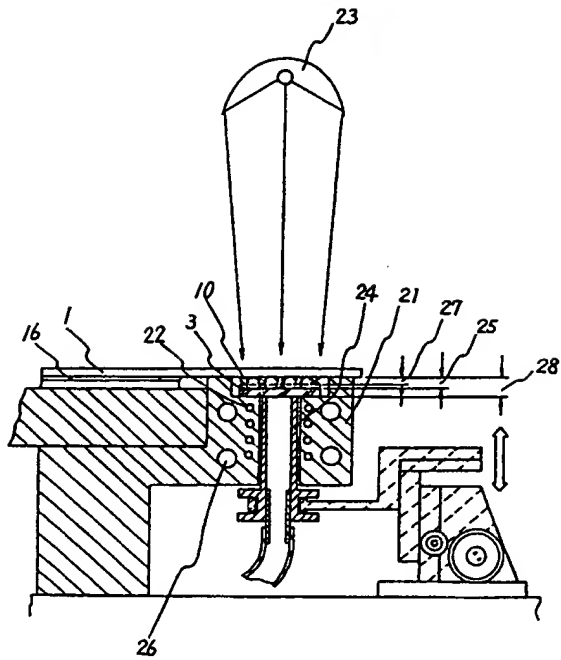
第8図



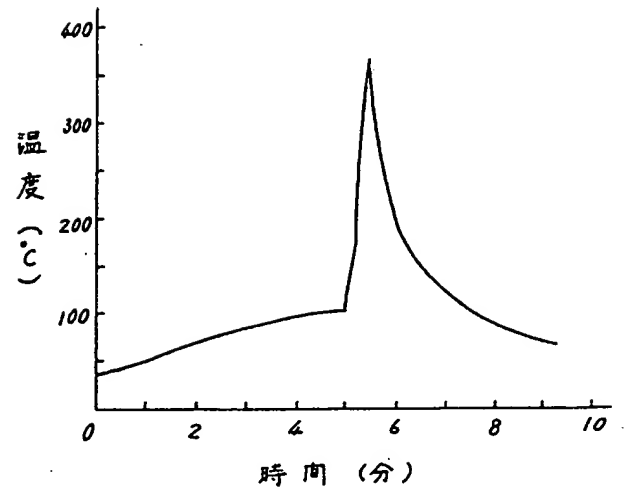
第9図



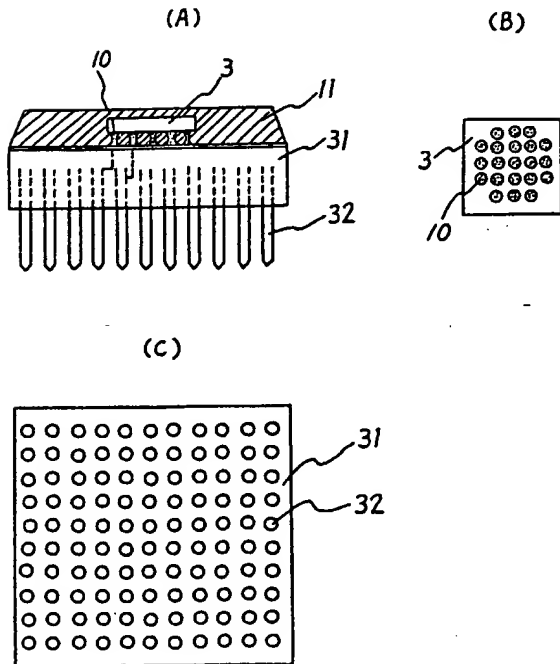
第 10 図



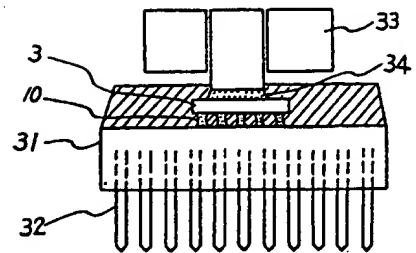
第 11 図



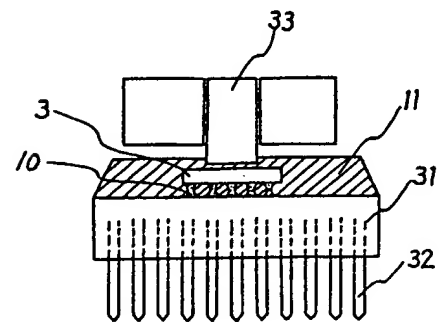
第 12 図



第 13 図



第 14 図



第1頁の続き

⑤Int. Cl.⁵

C 08 K 3/34
H 01 L 23/29
23/31

識別記号

NKX

庁内整理番号

7167-4 J

⑦発明者 行 武 正 剛 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
⑦発明者 中 野 文 雄 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

手続補正書 (方式)

平成2年8月9日

特許庁長官 殿



1. 事件の表示

平成1年特許願第325234号

2. 発明の名称

樹脂組成物

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

名称 (510) 株式会社 日立製作所

4. 代理人

住所 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号
(〒163 新宿センタービル内私書箱第4011号)

鶴沼特許事務所

電話(03)344-5321(代表)

氏名 井理士 (6697) 鶴沼展之



5. 補正命令の日付

平成2年6月29日(発送日 平成2年7月31日)

審査



6. 補正の対象

明細書の図面の簡単な説明の欄。

7. 補正の内容

(1) 明細書第25頁第17行～第18行の「第5図(A)～(D)」を『第5図』に改める。

以上

手続補正書

平成 2 年 9 月 17 日

特 許 庁 長 官 殿

1. 事件の表示

平成 1 年 特 許 願 第 325234 号

2. 発 明 の 名 称

ハンドウライソウチ セイキウ
半導体装置の製法

3. 補正をする者

事件との関係 特 許 出 願 人

名 称 (510) 株式会社 日 立 製 作 所

4. 代 理 人

住 所 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号
(〒163 新宿センタービル内私書箱第4011号)
特 許 事 務 所
電話(03)344-5321(代表)

氏 名 弁理士(6697) 綿 沼 辰 之

5. 補正命令の日付

自 発

6. 補正により増加する発明の数



明 細 書

1. 発 明 の 名 称

半導体装置の製法

2. 特 許 請 求 の 範 囲

1. 半導体チップの電極端子とこの電極端子に対向させて基板に形成された電極端子とを導電体により接続し、この導電体周囲の前記基板と前記半導体チップとで挟まれる空隙部に樹脂組成物を流し込んだ後その樹脂組成物を硬化させる工程を含んでなり、前記樹脂組成物は、熱硬化性樹脂と、その樹脂よりも小さい熱膨張係数を有する無機材料からなる第1の粉流体30乃至55体積%及びゴム状弾性体からなる第2の粉流体1乃至20重量部とを含有する組成物であることを特徴とする半導体装置の製法。

2. 特許請求の範囲第1項において、前記樹脂はエポキシ樹脂であり、前記第1の粉流体は石英、炭化シリコン、窒化シリコン、炭酸カルシウム、及び酸化ベリリウムの混入された炭化シリコンの少なくとも1つからなり、前記第2の粉流体

7. 補正の対象

明細書の発明の名称の欄、

明細書の特許請求の範囲の欄、

明細書の発明の詳細な説明の欄、

明細書の図面の簡単な説明の欄、

8. 補正の内容

明細書全文の内容を別紙の通り改める。

以上

はポリブタジエンゴム及びシリコンゴムの少なくとも1つからなることを特徴とする半導体装置の製法。

3. 特許請求の範囲第1項または第2項のいずれかにおいて、前記基板はガラス若しくはセラミック材料からなる単一基板、またはガラス繊維含有エポキシ、ガラス繊維含有ポリイミド若しくは高弾性率高強力繊維を含有するエポキシまたはポリイミド多層基板であることを特徴とする半導体装置の製法。

3. 発 明 の 詳 細 な 説 明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、半導体チップの電極端子をCCB法(Controlled Collapse Bonding法)により基板上の電極端子に接合した後、樹脂により被覆してなる構造の半導体装置の製法に関する。

〔従来の技術〕

このような構造の半導体装置が適用された具体的な一例として、第1図に示す要部断面構造図のように、液晶表示素子が形成されたガラス基板上

に、その液晶表示素子を駆動する半導体チップを載置したものが知られている。即ち、ガラス基板1の上面に形成された電極端子2と、シリコン半導体からなる半導体チップ（以下、Siチップと称する）3の下面に形成された電極端子4とを対向配置し、これらの電極端子2、4間をCCB法により形成されるはんだバンプ5によって接合し、次にシリコンゲル等の如き柔軟性を有する樹脂6を、ガラス基板1とSiチップ3の空隙部に充填し、さらに、Siチップ3の上面及び側面を炭酸カルシウムを混入したビスフェニール型の低膨張エポキシ系樹脂7により被覆した構造である。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところが、上述構造の半導体装置について、 $-40^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C}$ の温度条件で温度サイクル試験を行ったところ、被覆のないもの（以下、裸チップと称する）よりも耐熱疲労性がかなり劣るという結果が得られた。そこで、その原因を実験等により検討した結果、次に述べるような欠点があることが判った。

を有する無機材料からなる第1の粉流体30乃至55体積％及びゴム状弾性体からなる第2の粉流体1乃至20重量部とを含有する組成物としたのである。

つまり、無機材料からなる第1の粉流体を混入したことによって樹脂組成物の熱膨張係数が十分低減され、またゴム状弾性体からなる第2の粉流体を混入したことによって樹脂組成物の流動性と柔軟性が増加される。この流動性の増加は、樹脂組成物の流入工程において、半導体チップと基板の空隙部に樹脂組成物が侵入しやすくなり、導電体、チップ、基板との密着が向上して耐熱疲労性を向上させるとともに、作業性を良くする。また、樹脂組成物の柔軟性の増加は、導電体、チップ、基板との接合部の応力集中を緩和し、耐熱疲労性の向上をもたらす。

〔実施例〕

以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

まず、本発明の一実施例の被覆樹脂材料について説明する。エポキシ樹脂の熱膨張係数 α_{EPO} は

即ち、炭酸カルシウム粉をエポキシ樹脂に混入すると、膨張係数が大きく下がるが、Siチップやガラス基板に比較するとまだ大である。

一方、炭酸カルシウムの混入率を増すと樹脂の流動性、柔軟性などが低下し、必ずしも耐熱疲労性は向上しない。

本発明の目的は、対向する電極端子間を接続する導電体を介して半導体チップが基板上に載置され、チップと基板の空隙部に樹脂が充填されてなる構造の半導体装置の耐熱疲労性を向上させることができる半導体装置の製法を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の製法は、半導体チップの電極端子とこの電極端子に対向させて基板に形成された電極端子とを導電体により接続し、この導電体周囲の前記基板と前記半導体チップとで挟まれる空隙部に樹脂組成物を流し込んだ後その樹脂組成物を硬化させる工程を含んでなり、前記樹脂組成物は、熱硬化性樹脂と、その樹脂よりも小さい熱膨張係数

約 $100 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり、半導体チップ、例えばSiチップの熱膨張係数 α_{Si} ； $3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ や、基板、例えばガラス基板のソーダガラスの熱膨張係数 α_{G} ； $9.33 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ に比べて大きい。一般に、耐熱疲労性を向上させるには、熱膨張係数が半導体チップや基板のそれに近い被覆樹脂を適用することが望ましい。

そこで、エポキシ樹脂に炭酸カルシウムや石英粉等の如き、熱膨張係数の小さな無機材料（以下、低膨強化材と称する）を混入して低膨強化するようにしている。例えば、体積にして50％の石英粉を混入すると、熱膨張係数 α_{R} は約 $25 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ に低下する。しかし、混入率を高くするにしたがって樹脂の粘度が高くなり、流動性が低下する。流動性が低下すると、被覆工程においては、はんだバンプ周囲の空隙部に樹脂が侵入しにくくなって、空隙部が残ったり、基板との密着性が低したり、被覆の作業性が低下するという問題が生ずる。この結果、逆に耐熱疲労性及び耐湿性が低下してしまうことがある。また、混入率を高くす

ると樹脂の柔軟性が低下して、基板との接着部に応力が集中するため、この応力によりガラス等の基板が破損されてしまうことがある。

したがって、単に低膨張材を混入して低膨張化するだけでは、耐熱疲労性の向上に一定の限度があるため、さらにその流動性及び柔軟性を改善する必要がある。

そこで、本発明は低膨張材に加えて粒状の弾性材料、例えばポリブタジエンやシリコン等のゴム粒子を分散混入し、これによって柔軟性及び流動性を向上させようとするものである。つまり、被覆樹脂内のゴム粒子は応力緩衝材として作用するので柔軟性が向上して応力集中や歪が緩和されることから、これによって耐熱疲労性を向上させようとするものである。また、粒状のゴム粒子の作用によって流動性を向上させようとするものである。しかし、後述するように、ゴム粒子の混入率にも最適な範囲がある。例えば、粒径 $1\mu\text{m}$ レベルのポリブタジエン (CTBN 1300×9) からなるゴム粒子を混入した場合、エポキシ樹脂

に対するゴム粒子の重量比を100対20以上（以下、重量部または単に部と称し、例えば20部以上と表現する）にすると、ゴム粒子の分散が不均一になってしまうとともに、ポリブタジエンの熱膨張係数 α_{PB} は約 $80 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と大きいので、混入後の被覆樹脂の熱膨張係数 α_R が大となってしまう、耐熱疲労性を低下させる原因となるのである。また、流動性向上の効果にあっても、飽和現象があるので大幅向上は期待できない。

これらのことを、実施例を用いて行った実験結果に基づいて説明する。第1表に、エポキシ樹脂 (EP-828) を主材料とし、粒径約 $1\mu\text{m}$ の石英粉を低膨張材とし、粒径約 $1\mu\text{m}$ のポリブタジエンの均一なゴム粒子を緩衝材とし、それらの混入率の異なる種々の樹脂により被覆した半導体装置を試料として、前述と同一の温度サイクル試験を行った判定結果を示す。

試験に用いた試料の基板、半導体チップ及びはんだパンプは第1図図示と同一構成のものとし、空隙部への樹脂の充填は基板を傾斜させて樹脂を

流し込む周知の方法により、半導体チップ上面の樹脂は周知のポッティングによった。また、判定は、樹脂被覆を施さない裸チップのものに比較して、早いサイクルにて故障に至った試料を不合格として×印で示し、合格したものについては故障率を基準に、優れている順に○、△印で示した。故障率の一例として、第2図(A)に石英粉の混入率を35体積%に固定し、ポリブタジエンゴム粒子の混入率を変化させた場合を、第2図(B)にポリブタジエンゴム粒子の混入率を10部に固定し、石英粉の混入率を変化させた場合を、それぞれ示す。

第1表

		ポリブタジエン混入率(重量部)							
		0	1	5	10	15	20	25	
石英粉混入率(体積%)	0	×	×	×	×	×	×	×	
	20	×	×	×	△	△	×	×	
	30	×	×	△	△	△	×	×	
	35	×	△	○	○	△	×	×	
	40	×	△	○	○	△	△	×	
	50	×	△	○	○	△	△	×	
	55	×	△	○	○	△	△	×	
	60	×	×	△	△	×	×	×	

なお、第2図(A)、(B)図中実線で示したものは、1サイクル/1時間の温度サイクル試験を900サイクル行った例であり、図中点線で示したものは同様に500サイクルの例である。また、被覆樹脂には硬化温度を低くするための添加剤、例えば硬化促進剤としてイミダゾル (2P4MHZ) を5重量%、硬化剤としてジシアンジアミドを10重量%、シランカップリング剤 (A-187) を2重量%等を混入し、硬化温度130℃、硬化温度1時間として基板の熱的影響を避けるようにした。

第1表に示す判定結果から、低膨張剤と緩衝剤の混入効果について考察する。まず、ポリブタジエンの混入率が0部、即ち石英粉のみを混入した試料は、全て裸チップのものより悪い判定結果となっているが、樹脂被覆された試料相互間で定量的に比較すると、石英粉の混入率を高めるにしたがい耐熱疲労寿命が増大されるということを実験で確認している。但し、石英粉の混入により流動性が低下して、Siチップ3下側とはんだパンプ

5の周囲への浸透が悪くなるので、この点からみて、石英粉の混入率は60体積%が限界である。

一方、ポリブタジエンは若干混入するだけで、第2図(A)に示すように、急激に故障率が低下されており、緩衝材及び流動化材としての効果が顕著に表れ、耐熱疲労性において裸チップよりも優れた特性が得られた。但し、ポリブタジエン混入率を高くすると、前述したように、その分散が不均一となり、耐熱疲労性が低下する。

これらのこと及び第1表から、石英粉の混入率は30~55体積%、ポリブタジエンゴム粒子の混入率は1~20部の範囲に選定することにより、裸チップよりも優れた耐熱疲労性のものとすることができる。例えば、石英粉50体積%、ポリブタジエン5部を混入したものの耐熱疲労性(寿命)は、裸チップの3倍以上であり、信頼性が大幅に向上された。

なお、低膨張化材としては石英の他、炭酸カルシウム、炭化シリコン、窒化シリコン、または酸化ベリリウム混入の炭化シリコン等の如き、い

ゆる熱膨張係数の小さな無機材料が適用可能であり、同一の効果が得られる。この低膨張化材の粒径にあっては、上記実施例の1 μ mに限られるものではない。

また、弾性材としてはポリブタジエンゴム粒子の他、シリコンゴム粒子等の如き、いわゆる弾性の大きなゴム粒子が適用可能であり、その粒径にあっては、1 μ mに限られるものではない。

次に、樹脂被覆の形状について説明する。

前述したように、石英粉等の低膨張化材を混入しても、エポキシ樹脂の熱膨張係数 α_n はソーダガラスや半導体チップに比べてまだ大きな値である。そして、それらの部材間の熱膨張量の差により生ずる応力によって半導体チップ、はんだパンプ、ガラス基板、又はそれら部材の接続部が破壊されるのである。実験によると、はんだパンプと半導体チップとの接続部が、繰返し応力に対して最も弱いことが判った。

そこで、その接続部に発生する応力を低減することができる樹脂被覆の形状、即ち、半導体チッ

プ上面の被覆厚みと、半導体チップ周辺部の被覆幅について、有限要素法により求めた。

即ち、半導体チップ上面の被覆厚み t mmとしたとき、はんだパンプと半導体チップの接続部にかかる最大応力(破壊に関係する引張応力)を求め、第3図(A)に裸チップにおける最大引張応力に対する比率として示した。なお、第3図(B)、

(C)に示すように、ガラス基板1、半導体チップ3は6mm角のSiチップ、はんだチップ5は球欠体形状のものとし、樹脂被覆7は全体幅 L を15mm角一定としたものをモデルとし、図示矢印9の方向の最大応力を求めたものである。矢印9の位置における応力は、温度が室温(20℃)から100℃に変化したときは引張応力となり、室温(20℃)から-40℃に変化したときは圧縮応力になる。また、樹脂はエポキシ樹脂に石英粉のみを混入した流動性の劣るものとし、基板1とチップ3のとの間に空隙8が生じたものをモデルとした。

第3図(A)から明らかなように、被覆厚み t

が増すにつれて、半導体チップ3とはんだパンプ5の接続部にかかる最大引張応力が大きくなることから、被覆厚み t は薄いほどよいということになるが、機械的保護及び耐湿性保持から許容最小厚みが制限され、 t は 1 ± 0.5 mmの範囲で選定することが望ましい。

一方、第4図(A)に半導体チップの周辺に形成される樹脂被覆の幅と、前記接続部にかかる最大応力との関係を示す。なお、モデルは第4図(B),(C)に示すように第3図(B),(C)と同様のものであり、被覆厚み t を1.5mm一定、半導体チップ3の幅を $2a$ 、半導体チップ端縁から被覆外縁までの寸法、即ち半導体チップ周辺領域に形成される被覆の幅を l とした。

第4図(A)に示すように、 l/a が増すにつれて最大引張応力が現象する傾向にある。このことは、周辺域の被覆幅 l が広くなると、被覆幅 l の中心(図示B, B')より内側の被覆が温度上昇時に内側方向に伸び、これによって半導体チップ3に対して圧縮方向に応力が作用すると考えられ

る。なお、このことは計算によって確認している。

したがって、 l/a を大にすれば最大引張応力を減少することができる。即ち、被覆樹脂の熱膨張係数が大であっても、被覆形状を適切なものとするにより、裸チップのものより耐熱疲労性を向上させることができる。しかし、 $l/a \geq 3.0$ 以上にしても、最大引張応力の低減効果が小さくなる反面、ガラス基板1と樹脂被覆7との接合部のガラス破損が起こりやすくなること、及び樹脂被覆14全体の面積的制限を考慮すると、 l/a は2~3が望ましい範囲である。因に、最適な形状の一例を示せば、半導体チップ上面の被覆厚み t は0.5mm、 l/a は2となる。

次に、はんだパンプの形状について説明する。

上述した被覆樹脂材料及び被覆形状についての実施例では、はんだパンプの形状が球欠体の場合として説明したが、樹脂の変形に追従できるはんだパンプ形状、又ははんだパンプにかかる応力を低減できる形状にすれば、耐熱疲労性は飛躍的に向上される筈である。

て大きく異なっているためである。即ち、第5図(A)、(B)に示した $b/c < 1$ のいわゆるつづみ型のはんだパンプにかかる応力を有限要素法により求めたところ、第7図(A)に示す分布となることが判った。同図において、矢印は各区画領域における応力の方向とその大きさを表しており、応力はほぼ一様に分布していることが判る。これに対し、第5図(D)に示した $b/c > 1$ の球欠体型のはんだパンプの場合は、第7図(B)に示す応力分布となり、両端の接合界面部に応力が集中し、この部分から熱疲労破断が発生する。

また、はんだパンプの高さが大になるつづみ型のものにあっては、一定量の変形に対して歪は相対的に小さくなることから、熱疲労寿命が向上されるのである。しかし、 b/c をさらに小さくした極端なつづみ型にすると、応力が中央部に集中するようになるのと、第6図図中曲線(Ⅱ)で示す機械的強度が低下するので、はんだパンプが破断してしまうことから、熱疲労寿命の増大がおさえられてしまう。

そこで、はんだパンプの形状を第5図(A)~(D)に示す形状に形成し、熱疲労寿命と機械的強度とを実験的に求めた。なお、第5図(A)~(D)に示すはんだパンプは全て同一体積とし、CCB法において半導体チップと基板との間隙寸法を変えることによって、はんだパンプの高さ及び中央部の径 b を変えた。

第6図は上述のように形成されたはんだパンプを有する裸チップに対し、縦横の強制歪を与えたとき、熱疲労寿命及び機械的強度がどのようになるかを示した線図である。同図において、横軸にはんだパンプの中央の径 b と端子径 c の比 b/c をとり、縦軸に第5図(D)に示す球欠体型の熱疲労寿命を1とし、これに対する各形状の熱疲労寿命を比で示すとともに、同様に圧縮強度又は引張強度からなる機械的強度の比で示した。

第6図図示曲線(Ⅰ)に示すように、熱疲労寿命特性は、 b/c が大になるほど、即ち球欠体形状になるほど急激に悪くなることが判る。このことは、はんだパンプ内の応力分布がその形状によ

從って、はんだパンプの形状は少なくとも $b/c = 1$ の円柱型とし、好ましくは $0.5 \leq b/c < 1$ の範囲のつづみ型とするのがよい。

ところで、上述は裸チップのものであるが、樹脂被覆を施したものの場合は、樹脂の熱膨張係数が大であることから、はんだパンプの形状としては大きな変形量に対して追従できるものが望ましい。この点についても、つづみ型は高さが大きいことから、前述したように、一定変形量に対し相対的に歪が小さくなるので望ましいことになる。例えば、第8図(A)に示すように、はんだパンプ10はつづみ型のものとし、低膨張化エポキシ樹脂からなる樹脂被覆11を施した場合、はんだパンプ10に作用する変形応力は、同図(B)の矢印12、13に示す縦・横方向に作用する。

第8図(A)、(B)図示のものにおいて、ガラス基板1の熱膨張係数を α_g 、Siチップ3の熱膨張係数を α_{si} 、樹脂被覆11の熱膨張係数を α_n 、横方向最大変形量を Δl_x 、縦方向最大変形量を Δl_y 、Siチップ3の1辺を $2a$ 、はんだ

パンプ10の高さを h 、せん断歪を γ 、軸方向歪を ϵ 、温度変化量を ΔT 、定数を k_1 、 k_2 、 A 、合計歪を E 、熱疲労寿命を N_f とすると、次式(1)~(5)が成立する。

$$\Delta L_x = a (\alpha_s - \alpha_{s1}) \Delta T \quad \dots (1)$$

$$\Delta L_y = h \alpha_R \Delta T \quad \dots (2)$$

$$\gamma = k_1 \frac{\Delta L_x}{h} \quad \dots (3)$$

$$\epsilon = k_2 \frac{\Delta L_y}{h} \quad \dots (4)$$

$$N_f = A \cdot \frac{1}{E^2} = A \frac{1}{\gamma^2 + \epsilon^2} \quad \dots (5)$$

これらの式から、はんだパンプの高さ h が大であれば、樹脂被覆の熱膨張によって生ずる ΔL_x 、 ΔL_y に対し、歪 γ 、 ϵ は小さくなる。

したがって、つづみ型のはんだパンプとすることにより、はんだパンプ高さ h が大であることから歪が小さくなり、しかも応力集中が緩和されることから、はんだパンプと半導体チップとの接合部の破損が低減されて、耐熱疲労性が著るしく向上するという効果がある。

なお、はんだの熱膨張係数は約 $25 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 程度であり、低膨張化エポキシ樹脂と同等であ

ることから、はんだパンプ自体が樹脂被覆によって拘束されることは少ない。

以上、本発明の被覆樹脂材料、被覆形状、及びはんだパンプ形状をそれぞれ個別に適用した実施例について説明したが、それらの実施例を組み合わせることによって、一層耐熱疲労特性に優れたものとしていくことができることは言うまでもない。

なお、半導体チップの半導体素子が形成されている面は、はんだパンプが接合されている面であるが、一般にこの面には SiO_2 又はポリイミドなどの薄膜により保護されている。しかし、はんだパンプが接合される部分はそれらの薄膜が形成されていないため、耐湿性の問題について考察する。一般に知られているDIP (Dual Inline Package) 型の樹脂モールド半導体装置にあっては、リードフレームのタブ上に Si チップが接続され、素子側の端子はアルミニウム(A ℓ)線を超音波ボンディング法により接続し、その全体を樹脂モールドした構造となっている。ところが、リード線と樹脂の界面を伝わって水分が侵入し、

さらにA ℓ 線にまで伝わってA ℓ 線を腐食したり、A ℓ 線と素子の接合界面を腐食させて断線等の故障が発生していた。

しかし、本発明に係るCCB法により形成された構造の樹脂被覆されたものによれば、樹脂被覆部分に上記DIPのリードの如き引出し線が無いこと、半導体チップ周囲の被覆幅が大きいのでガラス基板と樹脂の界面から水分は侵入しにくいこと、及びはんだ(Pb-5%Sn, Pb-60%Sn)はA ℓ 線に比べて耐食性に優れていることなどから、総じて耐湿性に優れていると言えることができる。

さらに、厳しく耐湿性を要求される場合には、第9図に示すように、柔軟なシリコンゲル14を半導体チップ3の下に充填する2液被覆法が有効である。シリコンゲル14は柔軟なことからはんだパンプ5表面、ガラス基板1表面及び半導体チップ3表面との馴染みが良く、水分の侵入を阻止することができる。しかし、シリコンゲル14の熱膨張係数は約 $100 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ と大きいので、

はんだパンプ5の表面を薄く被覆する程度が望ましい。また、樹脂被覆11とガラス基板1との界面に防湿効果を有するアクリル樹脂膜15を予め薄くコーティングしておくこと、ガラス割れを防止することができる。

次に、第10図に示した一実施例装置により、はんだパンプ形状を所望のつづみ型に形成する方法について説明する。

第10図に示す装置は、ガラス基板1に半導体チップ3をCCB法により接合する装置である。また、ガラス基板1は液晶表示装置の表示素子16の基板を兼ねているものの例である。

本製法は、ソーダガラス等のガラス基板1は急激に加熱すると割れる恐れがあり、また液晶の表示素子16等に対する熱影響を軽減するため、半導体チップ3を予熱した後、ガラス基板1を透過させて赤外線をはんだパンプ5に一定時間照射して溶融させ、そして半導体チップ3とガラス基板1の間隔を引き伸して、はんだパンプ5の形状を所望形状に形成しようとするにある。

第10図に示すように、予め蒸着法等により電極端子面にはんだが盛られた半導体チップ3を、その電極端子面を上側にして予熱板21上に載置する。その半導体チップ3の上にガラス基板1を対向する電極端子の位置を合わせて載置する。液品の許容温度は最大130℃であることから、予熱板21とは熱的に遮へいするようにしている。はんだの組成は耐熱疲労性に優れたPb-5%Sn（融点約310℃）とし、電極端子上のはんだに予めロジン系フラックスを塗布した。

接合工程を第11図に示したはんだパンプ5の実測温度の時間変化曲線を参照しながら説明する。

まず、予熱ヒータ22により半導体チップ3側から接合部全体を100℃程度に予熱する。しかる後、赤外線ランプ23によりはんだパンプ5部に赤外線を照射する。次に、はんだが熔融すると同時にチップ吸引装置24を駆動して、基板1と半導体チップ3の間隔を所定間隔25に引伸ばす。これと同時に、赤外線ランプ23、予熱ヒータ22を切り、冷却管26に冷却水を通して冷却し、

同様の効果を得ることができる。

第12図に示す実施例は、スルーホールピン型の低膨張多層プリント基板31に適用したものであり、同図(A)は断面構造図、(B)は半導体チップ3の下面図、(C)は多層プリント基板31の下面図である。図に示すように、電極端子数の多い半導体チップ（例えば超LSIにあっては端子数が200個以上にも達する）の場合、ワイヤボンディング方式で基板の端子と接続することは困難である。したがって、CCB法による接合構造が好適であり、上記製法を適用することによって、耐熱疲労性に優れた信頼性の高いものとすることができる。

なお、多層プリント基板31としては、ガラスもしくはセラミック材料からなる単一基板、又はガラス繊維含有エポキシ、ガラス繊維含有ポリイミドもしくは高弾性率高強力繊維を含有するエポキシ又はポリイミド多層基板等が知られている。なお、高弾性率高強力繊維の具体例としては、ケブラー（米国デュボン社製）が知られている。ま

はんだパンプを凝固させるようにする。なお、はんだの熔融時間は約15秒であり、その間にチップ吸引装置24が作動して初期間隔27から所定間隔25に引伸ばされる。この引伸ばしに要する時間は約1秒程度である。また、はんだパンプ5の形状は、予熱板21の突起高さ28を調整することにより変えることができる。

なお、はんだ組成は、上記のものに代えて、Pb-60%Sn（融点191℃）を用いてもよく、その場合低融点でCCB接合可能であることから、熱影響を避けたい基板等の場合には好適である。

また、アルミナ基板等のように赤外線を透過しないものには適用することはできず、周知の方法（特開昭50-131647号公報）の如く、半導体チップ側から加熱熔融させるようにしなければならない。

上述の製法は、上面に電極膜の形成されたガラス基板に、半導体チップをCCB接合してなる構造のものに適用した実施例であるが、以下に述べる構造を有する半導体装置にも適用可能であり、

た、多層セラミック基板等にも適用可能なことは言うまでもない。

第13図は、第12図図示実施例のものに放熱フィン33をはんだ34により取付けたものである。半導体チップ3の上面にCr-Cu-Auをメタライズし、はんだ34ははんだパンプ5よりも一段低融点のはんだを用いる。例えば、はんだパンプ5がPb-5%Snであれば、はんだ34はPb-60%Sn、Sn-3.5%Ag（融点約220℃）、Au-20%Sn（融点280℃）等を用いる。また、半導体チップ3の発熱量によって、要求される放熱特性が緩やかな場合には、第14図に示すように、放熱フィン33を樹脂接着とすれば、被覆樹脂により一度で接合させることができ、製作工程が簡単化される。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明の製法によれば、対向する電極端子間を接続する導電体を介して半導体チップが基板上に載置され、チップと基板の空隙部に樹脂が充填されてなり、耐衝撃、耐振動

等に優れている構造の半導体装置の耐熱疲労性を向上させた、半導体装置を提供できるという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は従来例の断面構造図、第2図(A)、(B)はそれぞれ本発明の製法により形成された一実施例の半導体装置の故障率を示す線図、第3図(A)は被覆厚と応力との関係の一例を示す線図であり、同図(B)、(C)はその説明図、第4図(A)は半導体チップ幅に対する被覆幅と応力との関係の一例を示す線図であり、同図(B)、(C)はその説明図、第5図ははんだパンプの形状図、第6図ははんだパンプ形状と熱疲労寿命及び機械的強度との関係を示す線図、第7図(A)、(B)ははんだパンプの応力分布図、第8図(A)は本発明の製法により形成された一実施例の半導体装置の断面構造図、同図(B)は説明図、第9図は本発明製法にかかる他の実施例の断面構造図、第10図は本発明法の適用されたCCB接合法による装置の構成図、第11図は第10図図示実施

例の動作説明のためのはんだパンプ温度を示す線図、第12図(A)～(C)、第13図及び第14図は本発明製法にかかる他の実施例の構造図である。

1…ガラス基板、2…電極端子、3…半導体チップ、5…はんだパンプ、7, 11…被覆樹脂、10…はんだパンプ、15…アクリル樹脂膜、31…多層プリント基板。

代理人 鶴 沼 辰 之